

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – PECCA  
MBA EM GESTÃO FLORESTAL

AUGUSTO DA ROSA CASANOVA FERREIRA

**ANÁLISE DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR UTILIZANDO FERRAMENTAS  
DE GEOPROCESSAMENTO**

CURITIBA  
2020

AUGUSTO DA ROSA CASANOVA FERREIRA

**ANÁLISE DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR UTILIZANDO FERRAMENTAS  
DE GEOPROCESSAMENTO**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de MBA em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Wilson A. Holler

CURITIBA

2020

## ANÁLISE DE INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO

AUGUSTO DA ROSA CASANOVA FERREIRA

### RESUMO

Plantios florestais são culturas de grande porte e, muitas vezes, fazem divisa com outras culturas de menor porte e ciclo vegetativo mais curto, que necessitam de diversas etapas e condições fotoperiódicas para completar seu desenvolvimento. Para atenuar eventuais problemas relacionados a sombreamento, no estado do Rio Grande do Sul, a legislação vigente recomenda um aceiro de 12 metros, entre plantios florestais e culturas agrícolas. Sendo assim, este estudo objetivou avaliar a influência de plantios florestais na incidência de radiação solar de uma área de agricultura lindeira. Procurou-se responder se, com a legislação vigente, o aceiro de 12 metros é o suficiente para atenuar possíveis efeitos de sombreamento. Utilizou-se um MDE (Modelo Digital de Elevação), proveniente da plataforma ASTER com 30 metros de resolução e a ferramenta *Area Solar Radiation*, junto a técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e o *software* ArcGIS®. Foram simuladas diferentes alturas de plantio, combinadas com diferentes larguras de aceiro para análise da influência da radiação solar ao longo do período de um ano. Estes resultados foram comparados com uma situação hipotética, supondo que houvesse vegetação natural com 10 metros de altura, ao invés de uma floresta plantada. Através das diferentes simulações geradas, concluiu-se que, quanto maior o aceiro florestal, maior a disponibilidade de radiação solar para a área lindeira. O aceiro de 12 metros, exigido em licença ambiental, reduz problemas de sombreamento, tendo o plantio florestal interferência na área lindeira na disponibilidade de radiação solar quando este atingir entre 10 e 20 metros de altura.

**Palavras-chave:** Modelo Digital de Elevação. Fotoperíodo. Sensoriamento Remoto.

### ABSTRACT

Forest plantations are large crops, reaching more than 25 meters in height. Often, these plantations are bordered by other smaller crops and a shorter vegetative cycle, which provides several stages and photoperiodic conditions to complete their development. To mitigate changes related to shading, in the state of Rio Grande do Sul, the current legislation recommends a 12 meter firebreak, between forest plantations and agricultural crops. Thus, this study aimed to evaluate the influence of forest plantations on the incidence of solar radiation in an area of bordering agriculture. We tried to answer whether, with the current legislation, the 12 meter firebreak is enough to mitigate possible shading effects. For such analyzes, an MDE (Digital Elevation Model) was used, coming from the ASTER platform with 30 meters of resolution and the *Area Solar Radiation* tool, along with geoprocessing and remote sensing techniques and the ArcGIS® software. Different planting heights were

simulated, combined with different firebreak widths for the analysis of solar radiation over the period of one year. These results were compared with a hypothetical situation, assuming that there was natural vegetation with 10 meters of height, when promoting from a planted forest. Through the different simulations generated, it was possible to conclude that the 12 meter firebreak reduces shading problems, with forest planting having an interference in the surrounding area in the availability of solar radiation when it reaches between 10 and 20 meters in height.

**Key-words:** Digital Elevation Model. Photoperiod. Remote Sensing.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia proveniente do sol é uma fonte vital para inúmeros processos físicos e químicos em nossa natureza. Culturas vegetais tem como base de seu desenvolvimento interações realizadas com o ambiente físico (abiótico) e vivo (biótico). Existem uma enorme e complexa gama de funções fisiológicas, bioquímicas e moleculares que acontecem nesses seres vivos e são vitais para seu desenvolvimento e, conseqüentemente, o equilíbrio da vida na terra. Um dos processos existentes nesses vegetais é a captação da energia solar para a síntese de carboidratos e a liberação de oxigênio a partir de dióxido de carbono e água. Tal energia é utilizada para impulsionar processos celulares na planta, servindo como fonte de energia durante todo seu ciclo de vida (TAIZ et al., 2017).

Alguns fatores implicam na radiação solar disponível para as culturas vegetais, como situação topográfica, declividade, sua face (Norte, Sul, Leste ou Oeste), latitude e condições atmosféricas (ALMEIDA et al., 2004). Além disso, fatores antrópicos podem interferir nessa variável, como edificações, culturas arbóreas, entre outros. Esses fatores podem ocasionar problemas relacionados a sombreamento, diminuindo a incidência de radiação solar para determinadas áreas. A FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental – RS) exige, para alguns plantios florestais licenciados, aceiros de 12 metros de largura no limite dos plantios, justamente para minimizar problemas como o sombreamento e outros fatores que possam vir a prejudicar áreas lindeiras em relação a quantidade e período de exposição à radiação solar.

De acordo com essa premissa, este trabalho tem como objetivo analisar a influência da altura de árvores em plantios florestais na incidência de radiação solar para uma determinada área e responder se, o aceiro exigido pela legislação vigente

é suficiente para mitigar problemas de sombreamento. Nesse aspecto serão analisados o relevo, declividade e área de incidência da radiação solar em uma área confrontante e com plantio de soja.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 GEOPROCESSAMENTO**

Segundo Câmara et al., (2001), geoprocessamento define-se como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de alguma informação geográfica. Esta ciência, possui ferramentas computacionais, denominadas sistemas de informação geográfica, que são capazes de realizar análises complexas, integrando dados de diversas fontes e criando um banco de dados georreferenciado.

Segundo Zaidan (2017), os sistemas de informação geográfica, são considerados uma das geotecnologias inseridas no ramo de atividades do geoprocessamento. Os SIGs têm o intuito de coletar ou gerar dados georreferenciados, armazenar, editar, e realizar o processamento destes dados.

### **2.2 RADIAÇÃO SOLAR**

Conforme Taiz & Zieger (2004), a energia proveniente do sol, é um fator crucial para a vida na terra. Diversos vegetais utilizam a radiação solar para a realização da fotossíntese. Na cultura de soja, a radiação solar é responsável pela fotossíntese, ocorrendo a alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar e fixação biológica (CÂMARA, 2000, citado por CASAROLI et al., 2007). No Rio Grande do Sul, a intensidade de radiação solar, o fotoperíodo e a temperatura média do ar, tem uma elevação nos meses de setembro a dezembro, e uma diminuição entre os meses de janeiro a abril (ZANON et al., 2015). Devido a essas condições climáticas no estado, o plantio de soja ocorre entre setembro e dezembro, sendo definido pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura no Rio Grande do Sul (ASCOM EMATER, 2019).

Segundo Weber (2011), várias grandezas estão envolvidas na medição da radiação solar. O fluxo solar radiante incidente na superfície terrestre, é denominada como irradiância solar global e para cada ponto de uma determinada localização, pode-se ter resultados e mapas de radiação global. Ainda segundo o autor, a metodologia para cálculo de radiação solar, é possível de ser realizada pelo *software* ArcGIS®, por meio da ferramenta *Area Solar Radiation*. Dentre as facilidades do seu

uso, se encontram os poucos parâmetros para caracterização de condições da atmosfera (fração difusa e transmissão direta) e também a possibilidade de o cálculo de radiação solar ser extraído por um período específico, como por exemplo um dia, um mês, um semestre ou um ano específico.

Conforme relata Cioban et al., (2013), em estudos realizados na cidade de Stowe, Estados Unidos da América, foram realizadas análises para quantificar a quantidade de radiação solar recebida em uma determinada área, durante um período de três meses. Utilizou-se as ferramentas de análise de radiação solar do *software* ArcGIS®. Segundo o autor, as informações extraídas a partir de um modelo digital de elevação, aliadas as ferramentas de SIG, são uma forma eficiente e com baixo custo para extração de informações de radiação solar de uma determinada área.

## 2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Conforme a resolução Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) nº 390/2018, que dispõe sobre os procedimentos e critérios para o licenciamento ambiental da atividade de silvicultura de florestas plantadas no estado do Rio Grande do Sul, os projetos florestais devem apresentar uma infraestrutura florestal com aceiros internos e externos, servindo tanto para prevenção de incêndios quanto para menor interferência em áreas vizinhas, como, por exemplo, o sombreamento. A largura desses aceiros será definida junto ao órgão licenciador.

## 2.4 PLANTIOS FLORESTAIS

Segundo Schneider (2009), no Brasil, os estudos relacionados ao manejo florestal podem ser definidos como uma matéria nova, visto que plantios realizados no passado, não tiveram um planejamento concreto sobre os objetivos a serem atingidos, aproveitando-se de incentivos fiscais e uma condição financeira favorável. Nos dias atuais, as empresas necessitam de profissionais especialistas em manejo florestal para solucionar problemas relacionados a silvicultura em geral, dando destino final adequado a madeira.

A cultura de florestas plantadas com eucalipto, é uma excelente forma sustentável de atender a demanda de nossa sociedade por produtos provenientes de diferentes áreas, como serraria, laminação, carvão e celulose (SANTAROSA et al., 2014). O eucalipto é uma das principais culturas para a extração da celulose,

devido as suas excelentes propriedades e vantagens, tanto no âmbito do manejo florestal, como na produção de celulose (FOELKEL, 1997).

Segundo Schumacher et al. (2005), existem muitos fatores que são condicionantes para um bom desenvolvimento do eucalipto. Esta espécie é possível de se cultivar em qualquer parte do território brasileiro, porém são algumas características que definirão o êxito desta cultura, como por exemplo o tipo de solo, adequadas propriedades físicas e químicas e material genético.

Em relação a infraestrutura para um projeto florestal, deve se considerar a construção de aceiros. Segundo Soares (1971), os aceiros são áreas sem presença de vegetação, que serve como barreira ou obstáculo para a propagação de incêndios. Uma das consequências da existência dos aceiros, é o menor sombreamento de áreas vizinhas a plantios florestais.

## 2.5 CULTURA DE SOJA

Segundo a Embrapa (2010), para um eficiente manejo da cultura da soja, são necessários alguns procedimentos, que se tornam indispensáveis para uma boa produção e o alcance de uma máxima produtividade com um baixo custo. Deve-se atentar sobre as condições hídricas e fotoperiódicas da região, escolha do melhor manejo do solo, utilizar-se de técnicas para correção e manutenção da fertilidade do solo, controle de plantas daninhas, escolha da melhor cultivar, levando em consideração as características do local de cultivo, entre outros fatores que estão diretamente ligados ao plantio de soja.

Conforme Rodrigues et al. (2001), o fotoperíodo é uma condição essencial para o desenvolvimento da cultura de soja, por provocar mudanças qualitativas ao longo do seu ciclo. Segundo o autor, no período entre a emergência e a primeira folha verdadeira, as plantas de soja não são capazes de perceber estímulos de fotoperíodo. Após esse período, dependendo do genótipo, a planta se torna capaz de perceber os estímulos (maturação), o que induz transformações de seus meristemas vegetativos em reprodutivos (fase indutiva). Cada genótipo, terá uma duração diferente para cada período de desenvolvimento.

Antes do fechamento do dossel, a competição por recursos do solo é mais importante do que a competição por radiação solar, visto que não há limitação dessa radiação de modo a causar prejuízo ao desenvolvimento das plantas (SEMERE & FROUD-WILLIAMS, 2001). A partir de estágios mais avançados, a competição por

radiação solar se torna mais expressiva (MARVEL et al., 1992, citado por BIANCHI et al, 2006).

## 2.6 RELAÇÃO COMUNIDADE X EMPRESA

Plantios florestais fazem divisas com outras áreas, podendo essas serem de agricultura, área urbana ou até mesmo outros reflorestamentos. Isso exige dos envolvidos uma boa prática de gestão de um projeto florestal, resultando em um bom relacionamento com a comunidade. Conforme Gomes et al. (2006), empresas devem buscar sempre uma relação positiva com a comunidade, não minimizando esforços para isso ocorrer, seja por investimentos financeiros ou em serviços.

## 3 METODOLOGIA

As análises foram realizadas em duas áreas lindeiras, localizadas no município de Capão do Leão (Figura 1), Rio Grande do Sul, cuja localização geográfica é: 31°48'10.02"S e 52°41'51.54"O. O município apresenta uma altitude média de 21 metros. Segundo Moreno (1961), o clima do município é classificado com Cfa, conforme classificação de Köppen. A temperatura média anual fica entre 16 °C e 18 °C e a precipitação média anual entre 1.300 e 1.600 milímetros (ALVARES et al., 2013). A região está inserida no bioma campos sulinos, tendo a fisionomia das formações pioneiras com forte influência da floresta estacional semi-decidual (VELOSO et al., 1991).

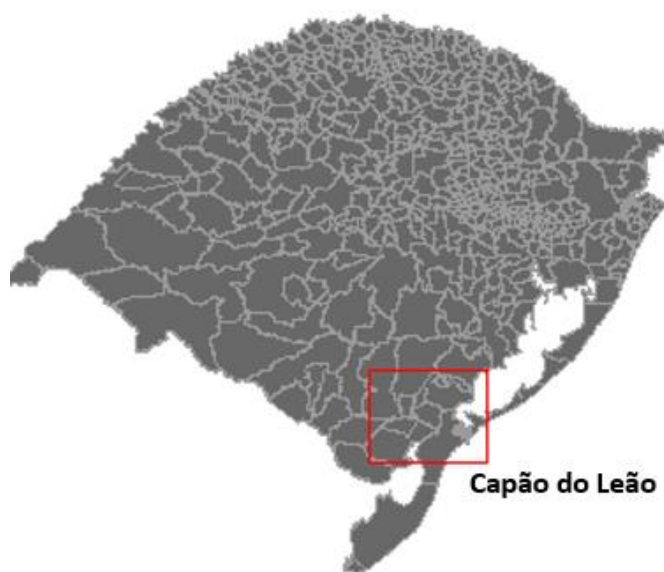


FIGURA 1 - Localização da área de estudo. FONTE Autor (2020)



Para avaliar o efeito da altura dos plantios florestais em termos de interferência na disponibilidade de radiação solar para a região com cultura de soja, utilizou-se com a ferramenta *Area Solar Radiation* no *software* ArcGIS®, juntamente. Essa ferramenta aplica metodologias geradas a partir do algoritmo de visualização hemisférica desenvolvido por Rich et al. (1994) e atualizado por Fu e Rich (2000, 2002).

Para este estudo, utilizou-se um modelo digital de terreno GDEM (*Global Digital Elevation Model*) obtido por meio do imageador ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). Essa tecnologia é responsabilidade da NASA (*United States National Aeronautics and Space Administration*), tendo uma resolução espacial de 30 metros (National Aeronautics and Space Administration - NASA, 2020).

As áreas analisadas, foram duas propriedades lindeiras, sendo uma destinada ao plantio de soja, com 78 hectares de área cultivável e a outra área onde há o cultivo de eucalipto. Para obter os dados de radiação solar recebida pela área de cultivo de soja e analisar a interferência da altura do plantio florestal nessa radiação recebia, foram simulados alguns cenários. Primeiramente, estabeleceu-se uma situação hipotética de referência onde a área total de cultura florestal, foi considerada como sendo apenas de vegetação nativa, com altura média de 10 metros, e sem faixa de aceiros. A decisão de considerar essa situação como referência baseia-se na característica que seria assumida pela área caso nenhuma atividade econômica ali se desenvolvesse e a vegetação nativa fosse restaurada. Um segundo cenário, foi onde nossa área de cultivo florestal fosse uma área limpa, sem nenhuma cultura interferindo na radiação solar para a área com plantio de soja.

Além desses dois cenários, foram simuladas nove situações: 3 diferentes alturas de plantio (10, 20 e 30 metros) combinadas com 3 diferentes larguras de aceiro (12, 24 e 36 metros). Ao final das análises, foram obtidas 11 simulações, onde foi possível verificar a radiação solar total recebida pela área de cultivo de soja no ano de 2019 (WH/m<sup>2</sup>), considerando o plantio de eucaliptos com diferentes alturas e também diferentes larguras de aceiro na área lindeira.

A partir de um arquivo *shapefile* com os diferentes cenários descritos, primeiramente gerou-se um arquivo *raster* para cada situação, por meio da ferramenta *polygon to raster*. Como próximo passo, por meio da ferramenta *raster calculator*, fez-se a soma do primeiro arquivo *raster* com o modelo digital de

elevação. Como resultado, foi gerado um cenário fictício, onde a altura de plantio analisada foi adicionada ao modelo digital de elevação. A partir disso, com os arquivos representando os cenários, foi possível executar a ferramenta *Area Solar Radiation*. Gerou-se então os valores de incidência de radiação solar no período de um ano para a área de interesse.

Os dados cartográficos utilizados nesta pesquisa foram obtidos das seguintes fontes: SISCAR (Sistema de cadastro ambiental rural), base de dados da empresa CMPC Brasil (Celulose Riograndense) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Os arquivos foram obtidos em arquivos *shapefile*, com escala 1:20.000 e data de origem de agosto de 2020.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das onze simulações geradas, observou-se a diminuição na incidência de radiação solar conforme um plantio com maior altura e um aumento conforme a largura do aceiro aumenta. De acordo com a tabela 1, pode-se analisar a variação na incidência de radiação solar no período de um ano para os cenários propostos.

Tabela 1 – Incidência de radiação solar no período de um ano para os onze cenários analisados.

Altura (m)	Largura de aceiro (m)	Total Ano (WH/m <sup>2</sup> )	%
0	0	4.020.658.995	0,27%
10	0	4.010.030.644	0,00%
10	12	4.017.630.055	0,19%
20	12	4.007.022.859	-0,08%
30	12	3.988.615.028	-0,53%
10	24	4.019.220.836	0,23%
20	24	4.013.938.261	0,10%
30	24	4.003.398.704	-0,17%
10	36	4.019.609.271	0,24%
20	36	4.016.500.567	0,16%
30	36	4.010.390.844	0,01%

Para a situação onde não existiria nenhuma cultura de porte arbóreo na área lindeira ao plantio de soja, haveria uma incidência de radiação solar total de 4.020.658.995 WH/m<sup>2</sup> no período de um ano. Ao assumir-se o cenário de referência,

onde ter-se-ia um remanescente de vegetação nativa com 10 metros de altura na área, haveria uma perda de 0,27% na incidência de radiação solar, com um valor de 4.010.030.644 WH/m<sup>2</sup> em um ano.

Com a realização das simulações projetando as alturas dos plantios florestais com uma largura de aceiro de 12 metros, os resultados mostram que, com uma altura até 10 metros, haveria uma incidência de radiação solar de 4.017.630.055 WH/m<sup>2</sup> ao ano, ou seja, 0,19% a mais que nossa situação de referência. Ao atingir uma altura de 20 metros, foi encontrado uma diminuição de 0,08% comparado com a nossa situação de referência, com um valor total anual de 4.007.022.859 WH/m<sup>2</sup>. Ao completar 30 metros de altura, essa diminuição de radiação solar na área lindeira representaria 0,53%, totalizando 3.988.615.028 WH/m<sup>2</sup>.

Os cenários com uma largura de aceiro de 24 metros, foi observado que, até dez metros de altura, o plantio florestal não impacta na incidência de radiação solar da área lindeira, no qual foi encontrado um valor de 4.019.220.836 WH/m<sup>2</sup>, ou seja, 0,23% a mais comparada com nossa situação de referência. Ao atingir 20 metros de altura, foi encontrado um valor bem próximo da situação de referência, mas ainda assim foi obtido um valor de 0,10% a mais de incidência de radiação solar nessa situação. Somente ao atingir 30 metros de altura, foi encontrado uma diminuição da radiação solar na área lindeira, com um valor de 0,17%. Quando analisado os cenários com uma largura de aceiro de 36 metros, observou-se que as três simulações, com 12, 24 e 36 metros, apresentaram resultados abaixo da situação de referência, ou seja, nenhum dos três cenários teria impacto na incidência de radiação solar da área vizinha.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nos resultados das onze simulações, concluiu-se que, quanto maior a largura dos aceiros florestais, maior será a disponibilidade de radiação solar na área lindeira. Quando analisados os resultados para o aceiro de 12 metros, observa-se que a incidência de radiação solar na área lindeira será menor que nossa situação de referência quando o plantio florestal atingir entre 10 e 20 metros. Ao se utilizar de uma largura de aceiro de 12 metros, a área de plantio florestal está cumprindo com a legislação ambiental vigente e, ao mesmo tempo, tendo menor impacto nas questões relacionadas a sombreamento da área lindeira.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADVANCED SPACEBORNE THERMAL EMISSION AND REFLECTION RADIOMETER - ASTER. Disponível em: <<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- ALMEIDA, L.P. et al. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar\*. Ciência Rural, v.34, p.838, -82004.
- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22: 711-728. 2013.
- BIANCHI, M. A.; FLECK, N. G.; DILLENBURG, L. R. Partição da competição por recursos do solo e radiação solar entre cultivares de soja e genótipos concorrentes. Planta Daninha, v. 24, n. 4, p. 629-639, 2006.
- CÂMARA, G.M.S. Soja: tecnologia da produção II. Gil Miguel de Sousa Câmara (editor). Piracicaba: G.M.S. Câmara, 2000. 450p.
- CÂMARA, G. et al. Introdução à ciência da geoinformação. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilvero/livro/introd/>>. Acesso em 30 ago. 2020.
- CASAROLI, D. et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja: uma revisão. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana, v. 14. n. 2, p. 102-120, 2007. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2502/1961>.>
- CIOBAN, A. et al. Aspects of solar radiation analysis using ArcGIS. Bulletin UASVM Horticulture 70, 2 (2013), 437-440.
- CMPC – Celulose Riograndense. Disponível em: <<https://www.cmpcbrasil.com.br>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- FOELKEL, C. E. B. Qualidade da madeira de eucalipto para atendimento das exigências do mercado de celulose e papel. In: CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 3,. 1997, Salvador. p.15-22.
- Fu, P. 2000. A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Landscape Ecology. Ph.D. Thesis. Department of Geography. University of Kansas. Lawrence. Kansas.
- Fu, P., and P. M. Rich. 2000. The Solar Analyst 1.0 Manual. Helios Environmental Modeling Institute (HEMI), United States.
- Fu, P., and P. M. Rich. 2002. "A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry." Computers and Eletronics in Agriculture. Volume 37, Issues 1–3, December 2002, Pages 25-35.

- GOMES, A. N. et al. Sustentabilidade de empresas de base florestal: o papel dos projetos sociais na inclusão das comunidades locais. **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, 2006.
- MARVEL, J. N.; BEYROUTY, C. A.; GBUR, E. E. Response of soybean growth to root and canopy competition. *Crop Sci.*, v. 32, p. 797-801, 1992.
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. Disponível em: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp/>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- PORTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2019. Ascom Emater. Não paginado. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/inicia-plantio-de-soja-no-rs#:~:text=O%20per%C3%ADodo%20de%20plantio%20de,de%2011%2F7%2F2019..> Acesso em: 27 set. 2020.
- Rich, P. M. et al. "Using Viewshed Models to Calculate Intercepted Solar Radiation: Applications in Ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Technical Articles, 524–529. 1994.
- Rich, P. M., and P. Fu. 2000. "Topoclimatic Habitat Models." *Proceedings of the Fourth International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling*.
- RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA nº 390/2018. Dispõe sobre os procedimentos e critérios para o licenciamento ambiental da atividade de silvicultura de florestas plantadas no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/20133340-390-2018-dispoesobre-os-procedimentos-e-criterios-para-o-licenciamento-ambiental-da-atividade-desilvicultura-de-florestas-plantadas-no-estado-do-rio-grande-do-sul.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- RODRIGUES, O. et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.431-437, 2001b.
- SANTAROSA, E. et al. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. 1ª ed. Brasília, **Editora Embrapa**, 138p.
- SCHNEIDER, P.R. Manejo florestal: planejamento da produção florestal. Santa Maria: UFSM, 2009. 652p.
- SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; VOGEL, H. L. M. Silvicultura aplicada. Santa Maria: Editora UFSM, 2008. 120 p.
- SEMERE, T.; FROUD-WILLIAMS, R. J. The effect of pea cultivar and water stress on root and shoot competition between vegetative plants of maize and pea. *J. Appl. Ecol.*, v. 38, p. 137-145, 2001.

- SISTEMA DE CADASTRO AMBIENTAL RURAL. Disponível em: <http://www.car.gov.br/>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- SOARES, R. V. Prevenção de incêndios florestais - II. Técnicas preventivas, Revista Floresta, v. 3, n. 1, p. 43-49, 1971.
- TAIZ, L. et al. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- TAIZ, L. & ZIEGER, E. Fisiologia vegetal. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3° ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.
- TECNOLOGIAS de produção da soja - Região Central do Brasil 2011. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 255p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 14).
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.
- WEBER, E.J. Estimativa e mapeamento da radiação solar incidente em superfícies com topografia heterogênea na zona de produção vitivinícola Serra Gaúcha. 145 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- ZAIDAN, R.T., 2017. Geoprocessamento Conceitos e Definições. Revista de Geografia. Revista de Geografia [online] 07. Disponível: <https://geografia.ufff.emnuvens.com.br/geografia/article/view/206/170> Acesso: 29 ago. 2020.
- ZANON, A. J. et al. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. Bragantia, 74, 400-411. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0043>.